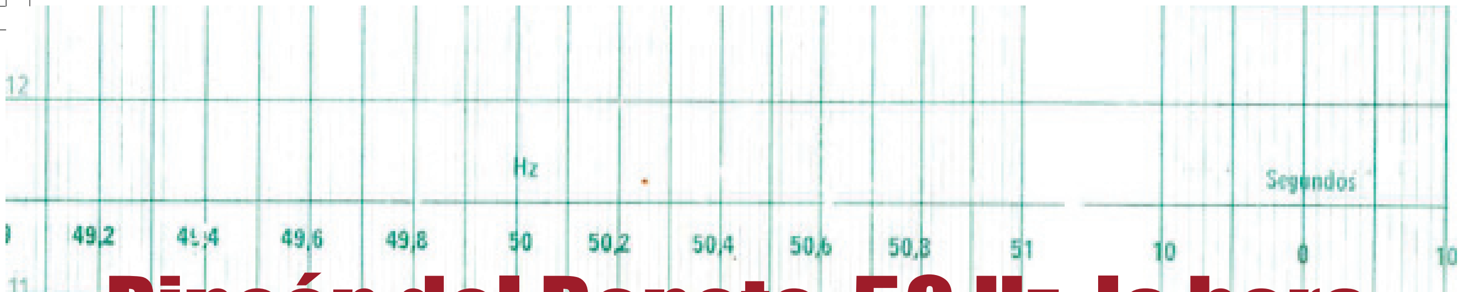


Rincón del Bonete, 50 Hz, la hora y Zitarrosa

En el marco de los 100 años de UTE, a continuación recorremos en la historia, la participación de UTE en el control del tiempo en nuestro país; en cuanto a la sincronización de los relojes mediante la frecuencia de red de 50 Hz, la puesta en hora de los relojes a las 20:00, y al servicio telefónico de hora oficial (antes de UTE por el 6, hoy de Antel por el 116).

Sin enredarnos con el título del presente articulo, si hablamos de sincronización de relojes, a todos se nos viene a la mente objetos como los GPSs, protocolos de sincronización y redes de datos, difícilmente pensemos en un reloj mecánico de péndulo construido en 1931, o la red de corriente alterna en 220 V y la frecuencia de la red eléctrica 50 Hz. Un reloj maestro es un reloj de precisión que suministra señales de tiempo para sincronizar relojes esclavos, todos ellos formando una red de relojes. Entre los años 70 y 90 esto se lograba con electrónica de osciladores de cristales de cuarzo, posteriormente con relojes receptores de señal de GPSs (Satélites de Posicionamiento Global) y relojes atómicos.

En los comienzos de los sistemas eléctricos los relojes maestros eran relojes de péndulo, de alta precisión, los cuales mantenían sincronizada la hora de los relojes eléctricos conectados a la red de baja tensión de 220 o 110 V (en 50 o 60 Hz).

Henry Warren (el inventor de los relojes maestros como ya veremos) en 1912 construía relojes eléctricos domésticos, alimentados desde la red eléctrica de corriente alterna, ya que en esa época las baterías (pilas) no eran algo corriente aún. Henry tenía un problema con sus relojes, los mismos atrasaban o adelantaban hasta 15 minutos por día. Sus relojes dependían de la frecuencia de la red eléctrica (60 Hz en los EEUU). Como la frecuencia real varia entre 59,5 y 60,5 Hz, ese medio Hertz de error, integrado a lo largo del día producía desvíos de hasta 15 minutos en la hora de los relojes eléctricos.

Reloj patrón Warren Telechron ubicado en el Museo del 2° piso de la represa Rincón del Bonete

Ahí entra en 1916 Henry con su invento (patentado en 1918), el "Warren Master Clock" (reloj maestro de Warren), el cual corrige los desvíos de hasta 15 minutos actuando sobre los reguladores de velocidad de las turbinas de las represas o centrales de generación eléctrica, de modo de compensar los 60 Hz para que el error respecto a un reloj de péndulo patrón sea nulo. La base de la invención es un péndulo y un motor sincrónico, pequeño, compacto, que arranca por sí mismo, al que no le afectan las variaciones de tensión y temperatura. Para 1920 ya había 20 millones de clientes del servicio de energía eléctrica con sus relojes sincronizados por la frecuencia de la red. Centrales Hidroeléctricas como "Boulder Dam", operada por el "Bureau of Reclamation" tenía un reloj Warren Tipo E. La puesta en hora absoluta de los relojes de péndulo se realizaba por señales telegráficas, o señales de radio, emitidas por los observatorios navales en EEUU y por radio bases de VLF (banda de frecuencia de radio inferior a las de AM) en Europa. La emisión, aun en servicio en algunos países, consiste en tonos emitidos con una cadencia prefijada que comienza 5 minutos antes de las 10:00:00 PM (por ejemplo).

El reloj maestro de Rincón del Bonete, es un Warren Master Clock Tipo E, donde un péndulo oscila cada 2 segundos, y detección de error de tiempo de una exactitud de 1/400 segundo (2,5 mili-segundos), ajustable con un tornillo (0,5 segundo/día por vuelta del tonillo) o con pesas de gramos (unos gramos corregían algunos segundos por día). La cámara del péndulo se encuentra en un cilindro de vidrio donde se realizaba el vacío si se quería obtener una mejor deriva del reloj. El reloj fue adquirido por LA RIONE (oficina de proyecto de la obra de Rincón del Bonete), la Westinghouse, en 1945 para llevar la frecuencia y la hora de la red eléctrica en Uruguay a partir de una o las cuatro turbinas de Rincón del Bonete, mediante ajuste manuales de las consignas de apertura/ frecuencia de los reguladores de velocidad de las mismas, en la turbina que estaba con caída de velocidad nula. El reloj tiene contactos de salida para cablear aumentos o disminución de velocidad automática, sin intervención del operador. Esta opción automática no estuvo prevista de utilizar por LA RIONE y no fue puesta en servicio por UTE posteriormente. El reloj estaba cableado a un registrador de papel MICROMAX donde se registraba la frecuencia de red y el error de tiempo, dentro de una escala de +10 y -10

UTE66.pmd 24 09/12/2012, 12:02

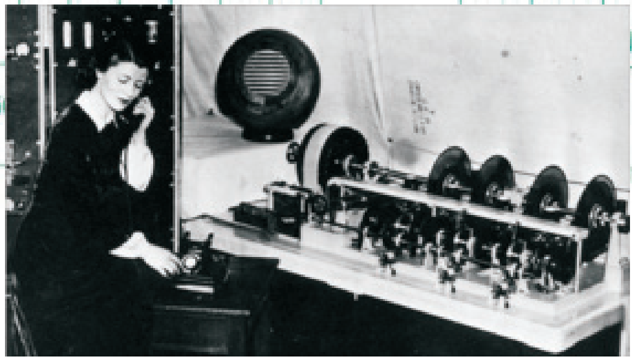
segundos. La puesta en hora del reloj patrón Warren de Rincón del Bonete se realizaba por una radio de banda ciudadana, que se comunicaba con la Central Battle, y Meteorología que proveía la hora oficial del Uruguay. El mismo equipo de radio que se empleaba para comunicarse con el remolcador Don Pacho, y comunicación con el personal de UTE que registraba los niveles de agua en los pasos durante las crecidas.

Algo que pocos recuerdan es que, para que todos sincronizáramos nuestros relojes, la UTE realizaba un guiño en la red eléctrica, todos los días a las 20:00, lo que se lograba con una apertura y recierre instantáneo del contactor de campo la uno de los generadores de la Central Battle, y en los generadores Diesel en el Interior. Al respecto mencionamos el Candombe del cancionero de carnaval de Alfredo Zitarrosa que decía que; "A pesar de que no hizo todavía la guiñada ya no cabe ni una sola persona más en la plaza." (se puede escuchar en www.youtube.com buscando por Carnaval Zitarrosa).

En Uruguay desde la década del 80, con la entrada en servicio de las represas Palmar y Salto Grande, la frecuencia de red de 50 Hz, la determina la interconexión en 500 kV con Argentina, donde la regulación secundaria o regulación de frecuencia la llevan las centrales Chocón/Piedra del Águila o Yacyertá, y eventualmente Salto Grande. La consigna de frecuencia es 50 Hz, sin corrección del error de tiempo, lo que lleva a que los relojes eléctricos en base a la frecuencia de red atrasen o adelanten significativamente, y deban ser corregidos periódicamente por los usuarios. Hasta ese momento los relojes eléctricos (de 220 VCA 50 Hz) eran considerados muy precisos por el público, sin importar su marca y modelo, pero en realidad la precisión no la daba el reloj, sino la frecuencia de red 50 Hz y el reloj patrón de UTE.

En nuestro país la "hora oficial" como tal fue emitida por primera vez en 1886 por el observatorio meteorológico del Colegio Pío, que determinaba el tiempo sidéreo, el denominado aparato meridiano. Antes de eso se empleaba como fuente de la hora, el reloj de la Plaza Matriz en Montevideo. En 1908 la Ley N° 3.290 transfiere la responsabilidad de la hora oficial al Instituto Meteorológico, luego denominado Dirección Nacional de Meteorología, donde una gran bocina al estilo de un gramófono gigante, indicaba la hora a las 8:00, a las 12:00 y a las 17:00. En Meteorología para la determinación del tiempo se contaba con una estación radioeléctrica con cinco receptores que recibían diariamente las señales horarias de Washington, Berlín, Río de Janeiro y Buenos Aires. La Ley Nº 7.200, de 1920, deja estos temas en el ámbito del Ministerio de Defensa Nacional.

En la práctica la determinación, conservación y trasmisión de la hora exacta a toda la República, se realizaba en el Observatorio Astronómico de



Montevideo de la Universidad de la República. La conservación de la hora determinada por radio se hacía con cronómetros de marina colocados en una vitrina a temperatura constante. El error con que se trasmitía la señal horaria nunca excedía las 10 centésimas de segundo. La trasmisión de la hora oficial se hacía por radio en amplitud modulada AM, por CX6 (Sodre), y desde el observatorio se controlaba directamente el aparato reloj parlante (con la voz; "la señal indicará las __") de la hora oficial telefónica marcando el 6 de U.T.E. (Antel y marcar el 16 no existía como tal en esos tiempos, eran responsabilidad de UTE los servicios telefónicos). El denominado "reloj parlante", equipo totalmente automático, que daba la hora en Montevideo, estaba ubicado en la Central Aguada, y comenzó a funcionar en 1934, siendo uno de los primeros del mundo en entrar en servicio (en Inglaterra entró en servicio en 1936). De las 6.500.000 llamadas por mes, que se registraban en 1936, unas 1.200.000 eran para conocer la hora. El servicio inicial indicaba las horas y los minutos, con un tono de 3 segundos en cada minuto, los segundos fueron incorporados posteriormente.

Hoy en día, Uruguay toma la hora oficial del sistema UTC internacional (Tiempo Universal Coordinado) que establece la hora oficial mundial a partir de relojes atómicos (TAI time). El tiempo UTC está corregido por variaciones astronómicas (órbita elíptica del sol, etc.). La hora oficial de Antel marcando el 116 está sincronizada con el tiempo UTC, no lo está con el tiempo GPS (proveniente de relojes atómicos no corregidos por fenómenos astronómicos). En Uruguay la Ley 18.834 de 2011 le transfiere la responsabilidad al Ministerio de Industria, Energía y Minería. El tiempo y hora oficial empleados en UTE en sus sistemas de control, como los sistemas SCADAS y remotas (RTUs) a nivel de distribución, transmisión y generación proviene de receptores satelitales GPS (GPS time), lográndose una resolución de 1 milisegundo en los tiempos medidos. La hora emitida por los receptores GPS hacia el sistema SCADA, es la hora GPS a la cual se restan 16 segundos para obtener la hora UTC.

En el sistema eléctrico de Europa continental, de frecuencia 50 Hz, el control de tiempo es responsabilidad del operador de sistema suizo ETRANS, desde su centro de control en Laufenburg. Si la desviación de tiempo es superior a 20 segundos, ETRANS ordena al resto de operadores corregir la

UTE66.pmd 25 09/12/2012, 12:02

referencia de frecuencia a 49,99 Hz o a 50,01 Hz durante 24 horas. El control de tiempo es el lazo de regulación más lento en el esquema de control frecuencia-potencia.

En EEUU y Canadá, de frecuencia de red 60 Hz, el tiempo maestro lo establece el NIST **(National Institute of Standards and Technology, ver la página web www.time.gov)**, la diferencia entre el reloj maestro del NIST y un reloj sincronizado con la red de 60Hz, se denomina error de tiempo (time error). El error de tiempo es monitoreado en varios puntos del sistema interconectado, y si el error de tiempo es superior a 10 segundos, se activa una orden manual de corrección para aumentar o disminuir la potencia despachada en la región de influencia del punto de monitoreo (que son cuatro; Este, Oeste, Texas o Quebec), lo que resulta en un aumento o disminución de la frecuencia, de hasta 0,02 Hz (59,98 y 60,02 Hz). Durante 2011 el organismo de regulación eléctrico en EEUU (el NERC), estableció un plan de ensayos de suspensión de estas correcciones de tiempo, y evaluar cómo afecta a los usuarios el no contar con la sincronización de tiempo en los relojes. De momento el plan está suspendido hasta 2013. http://www.nerc.com/page.php?cid=6|386

El reloj maestro Warren Telechron Tipo E se puede apreciar en el museo del segundo piso de la Central Hidroeléctrica en Rincón del Bonete. Un instrumento electromecánico, que permite medir con precisión el pasar del tiempo, algo tan difícil de definir. Algunos se animan a decir que es solamente una ilusión, como el físico teórico Julian Barbour, solo existiendo “el ahora”, como describe Juana de Ibarborou en su poema “La Hora”.

Por más información sobre estos relojes de péndulo, consultar: www.my-time-machines.net.

Reloj patrón en el laboratorio de UTE, marca Nesselwang, Clemens Riefler, 1957, con péndulo en el vacío, sincronizado manualmente, a diario por radio de onda corta con el Observatorio de La Plata en Argentina.

En la Edad Media, la hora estaba disponible en los campanarios de las Catedrales e Iglesias, luego durante Revolución Industrial, Siglo XIX, se disponían grandes relojes en las estaciones de tren, y las fábricas. En 1887 la compañía de telégrafos Western Union comenzaba a distribuir la hora emitida por el Observatorio Naval de los EEUU vía telégrafo, en todos los Estados de la Unión. La emisión de las señales era necesaria para el correcto tráfico en hora de los ferrocarriles y público en las estaciones de trenes (en la época de los ingleses la hora ferroviaria estaba atrasada 3 minutos, porque según los ingleses los uruguayos siempre llegábamos tarde para abordar el tren). En 1880 comenzó a estar disponible la hora oficial GMT, del Observatorio de Greenwich en Inglaterra. La distribución de la misma se realizaba con relojes portátiles viajeros, como los denominados cronómetros de marina, siendo famosa la “dama del tiempo”, la Sra. Ruth Belville, que hizo de ello un negocio, vendiendo el servicio de la hora, con un reloj marca John Arnold. Una vez por semana realizaba un viaje al Observatorio de Greenwich a sincronizar su reloj y volvía a Londres para literalmente vender la hora. Este servicio lo realizó primero su padre desde 1936 y luego Ruth hasta 1940. Los relojes denominados “de Observatorio”, junto con los Cronómetros de Marina, eran utilizados en la época por los oficiales de marina para determinar con la máxima precisión posible la posición y el rumbo de sus navíos. En 1815, cuando Darwin hizo su memorable viaje en el Beagle, llevaba a bordo 22 cronómetros. En ambos tipos de relojes, la precisión era el único e innegociable parámetro de su diseño y construcción.
Las señales horarias actualmente difundidas por la B.B.C. coincidente con el horario de Greenwich, fueron irradiadas a partir de una sugerencia hecha por Mr. Hope Jones, astrónomo real del observatorio de Greenwich. Sugirió que ya que la B.B.C. tenía los medios para distribuir la hora y no podía obtenerla exacta; y como el Observatorio de Greenwich tenía la hora exacta y no disponía de medios para distribuirla, la cooperación entre el Observatorio y la B.B.C., podría hacer más asequible la divulgación de la hora oficial. Sugirió también que las señales podrían tener la forma de seis tonos cortos o "pips" finalizando exactamente a las horas.
El primer reloj patrón del NIST en EEUU, en la Oficina de Pesos y Medida en Washington fue un Reloj de péndulo marca Riefler de Alemania, adquirido en 1904. En 1929 fue reemplazado por el Shortt de la derecha, un reloj de doble péndulo diseñado por el Observatorio de Edinburgo, presición 1 ms (un mili-segundo) por día.

Por más información sobre las definiciones y diferencias entre tiempo UTC, GPS y TAI ver; http://www.ipses.com/prod/timing/UTC-GPS.php?language=en

Algunos de los datos y fotografías del presente articulo fueron tomados de la página; http://lagalenadelsur.wordpress.com/2012/09/05/la-radio-y-el-instituto-meteorologico-uruguayo/

UTE66.pmd 26 09/12/2012, 12:02

El Tínelli de los años veinte

En los años veinte, Radio Argentina inauguró la costumbre de anunciar los cuartos de hora, las medias horas y las horas emitiendo un gong, que se lograba golpeando una lata de aceite. Poco tiempo después, Radio Cultura incorporó el anuncio de la hora, aunque en este caso el gong se conseguía con el golpe de un martillo contra una sartén colgada en la pared del estudio. En Radio Nacional, el técnico Jenaro Tínelli inventó un sistema compuesto por cinco botellas sincrónicamente cargadas de arena unas y de agua otras. En todos los casos, se hablaba de la hora "oficial", aunque no era exactamente así. Entre una y otra emisora solían haber importantes diferencias de minutos. Tiempo después, el Observatorio Naval puso en el aire una señal acústica indicadora de las medias horas y las horas en punto. A partir de ese momento, las emisoras comenzaron a utilizar sus rudimentarios gongs para acompañar su señal identificatoria y luego los reemplazaron por xilofones o triángulos. En general la hora transmitida por onda corta, en la mayoría de los países se emite en las frecuencias de 5, 10 y 15 megahertz.

Definición de segundo (tiempo); Desde 1905 a 1960, el segundo se definía como la 1/86,400 parte del día solar medio. Desde 1960 a 1967 el segundo se definía como 1/31556925.9747 de la duración del año tropical del año 1900. Desde 1967 hasta ahora, el segundo se define como la duración de 9.192.631.770 períodos de la radiación emitida por la transición entre dos niveles hiperfinos del estado natural del átomo de Cesio-133.

Estaciones transmisoras de señal horaria precisa

Estación Transmisora	Caracte-rísticas	Hora UTC de emisión Inicia	Hora UTC de emisión Termina	Frecuencia kHz	Tipo de onda	Sistema de Origen de la Señal
Observatorio Naval (Buenos Aires)	LOL	(1)	(1)	5000. 10000. 15000 [illegible]	A1. A2. A3	Patrones de frecuencia y hora.
Caracas (Venezuela)	YVTO	*		5000		
Fort Collins (EE UU)	WWV	*		2500, 5000 10000, 15000 20000, 25000	[illegible]	Patrón de Frecuencia y hora Bureau of Standards.
Playa Ancha Radio (Chile)	CBV	08 55 12 55 16 55 21 55	09 00 13 00 17 00 22 00	4228 8677	A2	Americano Inst. Hid. Armada

(1) HORAS DE EMISIÓN: 0800 a 0900, 1100 a 1200, 1400 a 1500, 1700 a 1800 y 2000 a 2100 Hora Oficial Argentina (Huso 3 horas al Oeste de Greenwich).

Un segundo más para el 2012

Este año 2012, además de ser bisiesto, tendrá un día que durará un segundo más para poder ajustar los relojes humanos con el período de rotación de la Tierra. Ese día fue el sábado 30 de junio.

El año bisiesto se introdujo para reajustar el calendario gregoriano de 365 días de 24 horas cada uno con la realidad de la órbita terrestre en torno al Sol y la rotación de la Tierra sobre su eje cada 23 horas, 59 minutos y 59 segundos.

Esa diferencia se va acumulando y cada cuatro años el calendario contiene un día adicional, el 29 de febrero, según recordó el Observatorio Naval, que es la agencia que lleva la "hora oficial" en Estados Unidos.

La invención de los relojes atómicos ha permitido una medición del tiempo mucho más precisa y en 1970 un acuerdo internacional reconoció la existencia de las dos escalas de tiempo: el período de rotación del planeta y el llamado Tiempo Universal Coordinado, o UTC. La sección Tiempo de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París (BIPM) y elabora la escala UTC, a partir de una red de 600 relojes distribuidos en unos 70 laboratorios del mundo contribuyen a su construcción con sus lecturas.

Tiempo atómico

El Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia Saltar, establecido en 1987 por la Unión Astronómica Internacional y la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, es la organización que observa la diferencia entre las dos escalas y señala cuándo debe insertarse o quitarse un segundo del UTC para mantener a ambas escalas con una diferencia de menos de 0,9 segundos. Para crear el UTC se genera primero una escala de tiempo secundaria, conocida como "tiempo atómico internacional" o TAI, que consiste en el UTC sin segundos añadidos o quitados. Cuando se instituyó el sistema en 1972 se determinó que la diferencia entre el TAI y el tiempo real de rotación de la Tierra era de 10 segundos. Desde 1972 se han añadido segundos en intervalos que van de seis meses a siete años y el más reciente se insertó el 30 de junio de 2012.

En Uruguay, en nuestro Laboratorio de UTE, a fin de año llega un Reloj Patrón Primario de Cesio, con el cual se aportará a la Escala de tiempo del SIM (Sistema Interamericano de Metrología), y al tiempo UTC en el correr de 2013. Estas instalaciones servirán de soporte a la red de distribución de tiempo, para toda UTE, de acuerdo al nuevo protocolo IEEE 1588v2, que permitirá lograr precisión de 1 us (un microsegundo), en aplicaciones como Smart Grid, sincrofasores, etc.

La incertidumbre de los relojes atómicos a mejorado de los 10 microsegundos en 1950 a décimas de nanosegundos actualmente. Como el NIST-F1 reloj atómico del laboratorio NIST en Colorado EEUU, con una precisión de un segundo en 30 millones de años.

Cuando era niño discaba a este servicio -el seis- y escuchaba a la señora que del otro lado del tubo te decía: "La señora indicará las cuatro horas, treinta y dos minutos, cuarenta segundos. (Piiiiiiiiiiiiiii)." Esa voz tenía un cierto encanto que me dejaba escuchándola más de una vez. Ahora para enterarte de la hora oficial tenés que marcar dieciséis, y es una grabación la que te dice: "La señal indicará las cuatro horas, treinta y dos minutos, cincuenta segundos. (Piiiiiiiiiiiiiii)."

Ing. Pablo Thomasset
C.H. Dr. Gabriel Terra